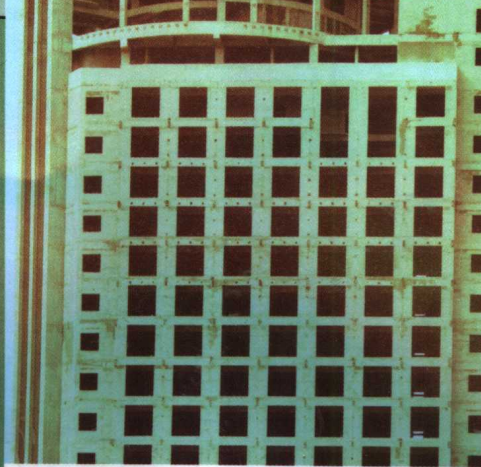


教育部人才培养模式改革和开放教育试点教材



罗尧治 吕文晓 编

建筑结构实训

建筑施工与管理专业系列教材

中央广播电视大学出版社

教育部人才培养模式改革和开放教育试点教材
建筑施工与管理专业系列教材

建筑结构实训

罗尧治 吕文晓 编

中央广播电视大学出版社

北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑结构实训/罗尧治, 吕文晓编. —北京: 中央广播电视大学出版社, 2007. 7

教育部人才培养模式改革和开放教育试点教材

建筑施工与管理专业系列教材

ISBN 978 - 7 - 304 - 03900 - 4

I. 建… II. ①罗…②吕… III. 建筑结构 - 电视大学 - 教材 IV. TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 113483 号

版权所有, 翻印必究。

教育部人才培养模式改革和开放教育试点教材

建筑施工与管理专业系列教材

建筑结构实训

罗尧治 吕文晓 编

出版·发行: 中央广播电视大学出版社

电话: 发行部 010 - 58840200

总编室 010 - 68182524

网址: <http://www.crtvup.com.cn>

地址: 北京市海淀区西四环中路 45 号 邮编: 100039

经销: 新华书店北京发行所

策划编辑: 何勇军

责任编辑: 闫海新

印刷: 北京盛兰印刷装订有限公司 印数: 0001~11000

版本: 2007 年 7 月第 1 版 2007 年 8 月第 1 次印刷

开本: 787 × 1092 1/16 印张: 6 字数: 134 千字

书号: ISBN 978 - 7 - 304 - 03900 - 4

定价: 11.00 元

(如有缺页或倒装, 本社负责退换)

建筑施工与管理专业教学资源 建设咨询委员会

主任: 李竹成 李林曙

成员: (以姓氏笔画为序)

王作兴	王小明	任 岩	刘其淑
旷天鑑	吴汉德	何勇军	何树贵
郝 俊	胡兴福	姚谨英	陶水龙

建筑施工与管理专业教学资源 建设委员会

主任: 杜国成

副主任: 郭 鸿 张 明 魏鸿汉

吴国平 傅刚辉 王 圻

成员: (以姓氏笔画为序)

方绪明	吕文晓	刘 薇	刘 鹰
余 宁	李 峥	李永光	李自林
李延和	李晓芳	杜 军	陈 丽
沈先荣	张 卓	杨力斌	杨 斌
郑必勇	武继灵	徐道远	徐 悦
郭素芳	高玉兰	银 花	章书寿
彭 卫	董晓冬		

前 言

本教材是为了满足中央广播电视大学人才培养模式改革和开放教育建筑施工与管理专业人才培养目标的需要,与罗尧治主编的《建筑结构》教材相配套,根据建筑施工与管理专业的实施方案进行编写的适合开放教育学生和高职高专学生的建筑结构实训教材。

编者着力贯彻专业培养目标,贯彻“必需”、“够用”原则。全书分单向板肋形楼盖、双向板肋形楼盖、现浇钢筋混凝土楼梯、雨篷等基本构件设计计算和结构构造以及梁、柱施工图的平面整体表示法等章节,着重培养学生的实践操作能力,努力做到理论联系实际,突出结构施工图识图能力的培养。本书按照最新结构设计规范、质量验收规范及结构制图标准进行编写。在教材内容的组织和表达上,分基本构件和平法表示两大部分内容,基本构件的内容分理论知识和例题两部分,理论部分内容力求按照解题所需内容及步骤组织,去除过多的理论知识,图文并茂,直观易学。

本教材是按 GB50010—2002《混凝土结构设计规范》等现行规范和 03G101-1《混凝土结构施工图平面整体表示方法制图规则和构造详图》等标准图集进行编写的。

本教材由浙江大学建工学院罗尧治教授和杭州广播电视大学吕文晓编写。吕文晓编写第1章、第2章、第3章、第4章,罗尧治编写第5章、第6章。全书由吕文晓统稿。金华职业技术学院彭卫担任本书的主审,参加审阅的还有浙江科技学院的干惟、中央广播电视大学的王圻。在本书的编写过程中还得到了中央广播电视大学、中国建设教育协会、江苏广播电视大学、杭州广播电视大学和天津广播电视大学有关领导和专家的大力支持,在此一并表示感谢。

限于编者水平有限,书中疏漏、不妥之处难免,恳请读者批评、指正。

编 者

2007年6月

目 录

1 单向板肋形楼盖	(1)
1.1 楼盖的结构形式	(1)
1.2 肋形楼盖的梁格布置及板的划分	(2)
1.3 钢筋混凝土连续梁的内力计算理论	(3)
1.4 单向板肋形楼盖设计	(4)
1.5 整体式单向板肋形楼盖设计例题	(12)
2 双向板肋形楼盖	(26)
2.1 弹性理论计算方法	(27)
2.2 塑性理论计算方法 (塑性铰线法)	(28)
2.3 截面设计与构造要求	(31)
2.4 双向板支承梁的计算	(32)
2.5 双向板计算例题	(33)
3 现浇钢筋混凝土楼梯	(45)
3.1 梁式楼梯	(45)
3.2 板式楼梯	(48)
3.3 现浇板式楼梯计算例题	(49)
4 雨篷梁受扭承载力计算	(54)
4.1 纯扭构件的承载力计算	(54)
4.2 复合受扭构件承载力的计算方法	(56)

4.3 受扭构件的构造要求	(56)
5 梁、柱施工图的平面整体表示法	(58)
5.1 梁平法施工图制图规则	(59)
5.2 柱平法施工图制图规则	(63)
6 建筑结构实训参考题目、评分标准	(66)
6.1 建筑结构实训参考题目	(66)
6.2 设计评分方法与标准	(70)
6.3 制图标准	(71)
附表	(72)
参考文献	(8)

1 单向板肋形楼盖

学习目标

1. 了解常见的楼盖结构形式，了解肋形楼盖的受力特点。
2. 了解单向板和双向板的划分及各自的受力特点，了解单向板肋形楼盖的平面布置、主要受力构件截面尺寸的选取，理解塑性内力重分布的概念。
3. 掌握单向板肋形楼盖按弹性理论及按塑性内力重分布（弯矩调幅法）的设计计算方法、计算步骤，熟练掌握梁、板的截面设计与构造要求。

学习重点

1. 用塑性理论计算单向板现浇肋形楼盖的板、次梁的计算理论和计算步骤。
2. 用弹性理论计算单向板现浇肋形楼盖的主梁计算理论、计算步骤。
3. 现浇板、次梁、主梁的构造要求。

1.1 楼盖的结构形式

现浇楼盖的结构形式有肋形楼盖（见图1-1）、井式楼盖、密肋楼盖和无梁楼盖等形式。

肋形楼盖由板、次梁和主梁组成，楼面荷载由板传给次梁、主梁，再传至柱或墙，最后传至基础。肋形楼盖的特点是传力体系明确，结构布置灵活，可以适应不规则的柱网布置及复杂的工艺及建筑平面要求。其优点是用钢量较低，缺点是支模比较复杂。

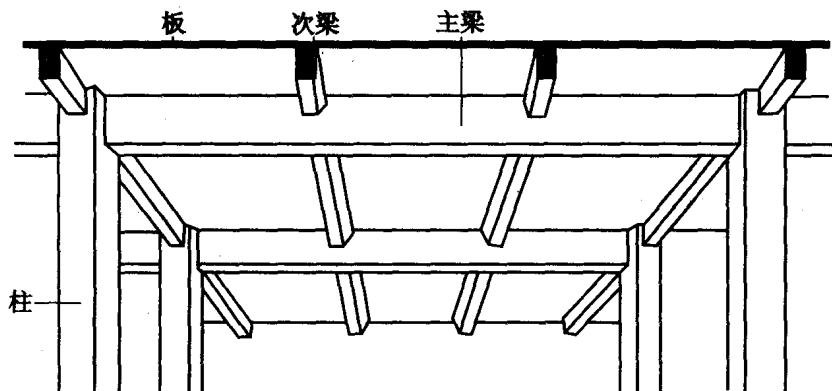


图 1-1 肋型楼盖体系

1.2 肋形楼盖的梁格布置及板的划分

1.2.1 肋形楼盖的梁格布置

在框架结构中，为了加强结构的侧向刚度，主梁一般应沿房屋的横向布置 [见图 1-2 (a)]。

当厂房的纵向设有集中通风管道或机械装置时，为了避免增加房屋层高以满足净空的要求，主梁也可沿房屋的纵向布置 [见图 1-2 (b)]。

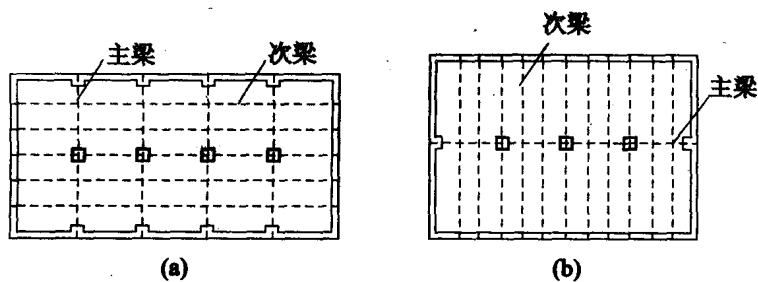


图 1-2 肋形楼盖的梁格布置示意图

板的经济跨度为：单向板为 1.5 ~ 3 m，双向板为 4 ~ 6 m，次梁为 4 ~ 6 m，主梁为 5 ~ 8 m。

1.2.2 单向板与双向板的划分

荷载通过一个方向传递给梁的楼板称为单向板。荷载通过两个方向传递给梁的楼板称为双向板。

梁板结构中每一区格的板,一般为四边有梁或墙支承,形成四边支承板。四边支承板一般在两个方向受力,荷载通过板在两个方向向四边传递。当长短边之比 n 超过一定数值时,可近似认为全部荷载都通过短跨方向受弯传至长边支座,计算上可忽略长跨方向的弯矩,这种板在受力体系上称为单向板(跨度 l_1 的板)。设计上通常按下列条件划分这两种板:

当 $n = l_2/l_1 \geq 3$ 时,应按沿短边方向受力的单向板计算。

当 $n = l_2/l_1 \leq 2$ 时,应按双向板设计。

当 $2 < n < 3$ 时,宜按双向板设计;当按沿短边方向受力的单向板计算时,应沿长边方向布置足够数量的构造钢筋。

1.3 钢筋混凝土连续梁的内力计算理论

肋形楼盖中的板和次梁大多分别支承于次梁及主梁上,计算时一般将它们视为典型铰支座,板和次梁视为多跨连续梁。主梁支承在砖墙上的,也视其为铰支座。当主梁支承在钢筋混凝土柱上时,根据柱与主梁的刚度比确定支承。当主梁与柱的线刚度比大于 5 时,按铰支座考虑,主梁可简化为连续梁来分析。

对超过 5 跨的连续梁,若各跨所受荷载相同,跨度相差不超过 10%,可按 5 跨等跨连续梁计算。对于跨度小于 5 跨的连续梁,应按实际跨数计算。

肋形楼盖构件的内力计算,可以采用弹性理论和塑性理论。

弹性理论方法计算内力即按照力学的方法进行内力 M , V 的计算。通常在下列情况下应按弹性理论计算方法进行设计:

- (1) 直接承受动荷载作用的构件。
- (2) 裂缝控制等级为一级或二级的构件。
- (3) 采用无明显屈服阶段钢材配筋的构件。

此外,对于处于重要部位的构件,如肋形楼盖中的主梁,为了使构件具有较大的承载力储备,一般也采用弹性理论计算其内力。

肋形楼盖中超静定结构的板和次梁,工程中常用的考虑塑性内力重分布的计算方法是调幅法。即在按弹性理论计算的弯矩图上,适当地进行弯矩的调整,以节约钢筋,减少支座上部的负弯矩配筋,从而便于浇筑混凝土以及使计算简捷、构造简单。

本书中,板和次梁只介绍塑性理论计算方法,主梁则介绍弹性理论计算方法。

采用调幅法必须满足的条件为:

(1) 为了避免截面过早地屈服,裂缝开展过大,调幅值不应过大。试验表明,一般情况下弯矩的调整幅度不应大于 30%,即 $M_{\text{调}} \geq 0.7M_{\text{弹}}$;

(2) 调幅值与转动能力有关,配筋率越大,转动能力越小,所以,要求混凝土相对受压区高度 ξ 不大于 0.35;

(3) 构件在塑性内力重分布的过程中不发生其他脆性破坏, 如斜截面受剪破坏、钢筋锚固破坏等。

1.4 单向板肋形楼盖设计

1.4.1 单向板的计算和配筋

板通常按塑性理论计算。

1. 截面尺寸

取单位板宽作为计算单元, 即 $b = 1\ 000\text{ mm}$ 。

板厚 h 可按表 1-1 选取, 并以 10 mm 为模数。

表 1-1 肋形楼盖梁、板的截面尺寸

构件种类	截面高度 h 与跨度 l 的比值	附 注
简支单向板 两端连续单向板	$h/l \geq 1/35$ $h/l \geq 1/40$	单向板 h 应不小于下列数值: 屋顶板 60 mm 民用建筑楼板 60 mm 工业建筑楼板 70 mm 行车道下的楼板 80 mm
多跨连续次梁 多跨连续主梁 单跨简支梁	$h/l = 1/18 \sim 1/12$ $h/l = 1/14 \sim 1/8$ $h/l = 1/14 \sim 1/8$	梁的高宽比 h/b 一般取 1.5 ~ 3.0, 并以 50 mm 为模数

2. 板的计算简图

板可以看成是以墙体或次梁为不动铰支承的多跨连续梁, 大于 5 跨的等跨连续梁, 可按 5 跨计算, 小于 5 跨的连续梁, 按实际跨数计算。

以墙体为支承的板的计算跨度, 在设计中一般按下列原则取用:

$$\text{边跨} \quad l_0 = l_n + a/2 \leq l_n + h/2 \quad (1-1)$$

$$\text{中间跨} \quad l_0 = l_n \quad (1-2)$$

式 (1-1) ~ (1-2) 中: l_0 ——板的计算跨度;

l_n ——板的净跨;

a ——板的支承长度;

h ——板的厚度。

3. 荷载

作用在板上的荷载有永久荷载和可变荷载。永久荷载包括板的结构自重、粉刷层的重力

等, 可变荷载是指楼(屋)面均布活荷载。两者均取 1 m 宽的板带计算。

4. 弯矩计算

当考虑塑性内力重分布时, 板的弯矩 M 应按下列公式计算:

$$M = \alpha (g + q) l_0^2 \quad (1-3)$$

式中: α ——板的弯矩系数, 按表 1-2 采用, 当板直接搁置在墙上时, 也可直接查图 1-3 (a);

g, q ——板的均布恒载及活载。

l_0 意义同前。

当板的计算跨度相差不超过 10% 时, 也可按式 (1-3) 计算。跨中截面的弯矩按各自的计算跨度计算, 支座截面的弯矩可取相邻两跨计算跨度的较大值计算。

表 1-2 连续梁和连续板的弯矩计算系数 α

支承情况		截面位置				
		端支座	边跨跨中	离端第二支座	离端第二跨跨中	中间跨跨中
梁板搁置在墙上		0	1/11			
板 与梁整体现浇		-1/16	1/14	两跨连续: -1/10 三跨连续: -1/11	1/16	-1/14
		-1/24				
梁与柱整浇连接		-1/16	1/14			

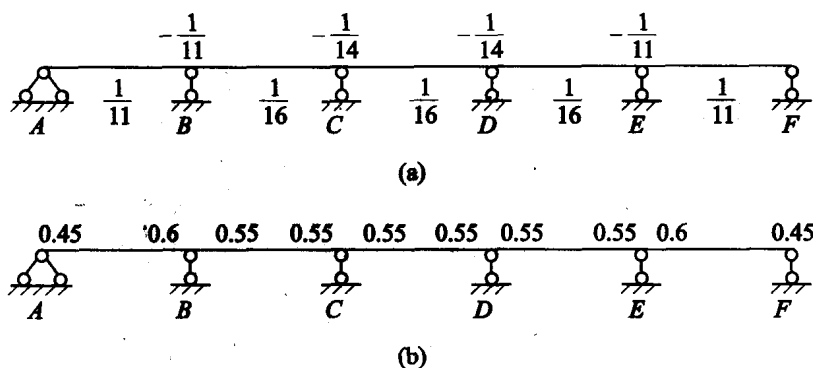


图 1-3 连续梁的弯矩、剪力系数

(a) 连续梁(板)的弯矩系数; (b) 连续梁(板)的剪力系数

连续板在荷载的作用下, 跨中截面承受正弯矩, 顶面受压, 支座截面承受负弯矩, 底面受压, 因此, 板中形成拱形的压力线(见图 1-4)。为了考虑拱的有利作用, 对于四周与梁整体浇筑的板, 中间跨的跨中截面及中间支座截面, 弯矩折减系数均为 0.8。

5. 配筋要求

(1) 受力钢筋

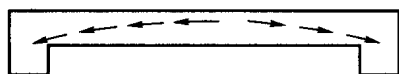


图 1-4 四周有梁板中拱的作用图

连续板的钢筋布置一般采用分离式。跨中承受正弯矩的钢筋宜全部伸入支座，支座负弯矩钢筋向跨内的延伸长度应覆盖负弯矩图，并满足钢筋锚固的要求。对于多跨连续板，也可采用典型钢筋布置图，如图 1-5 所示。

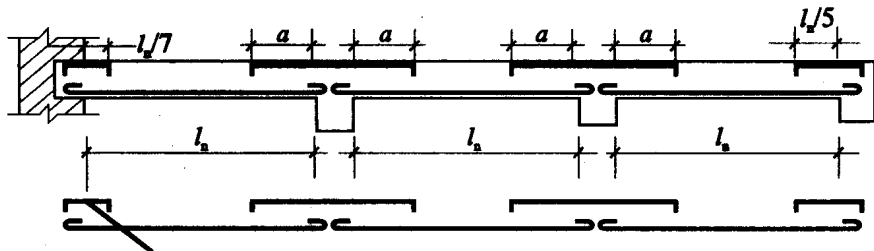


图 1-5 等跨连续板的典型钢筋布置图

板的纵向受力钢筋常用 HPB235, HRB335 和 HRB400 钢筋，直径通常采用 6 ~ 14 mm，间距一般为 70 ~ 200 mm。《混凝土结构设计规范》规定：板中受力钢筋的间距，当板厚 $h \leq 150$ mm 时，不宜大于 200 mm；当板厚 $h > 150$ mm 时，不宜大于 $1.5h$ ，且不宜大于 250 mm。

支座顶部承受负弯矩的钢筋，可在距支座边不小于 a 的距离处切断。 a 的取值如下：当 $p/g \leq 3$ 时， $a = l_0/4$ ；当 $p/g > 3$ 时， $a = l_0/3$ 。

(2) 构造钢筋

板中构造钢筋如图 1-6 所示。单向板在计算上只考虑短跨方向受力，但实际上，在长

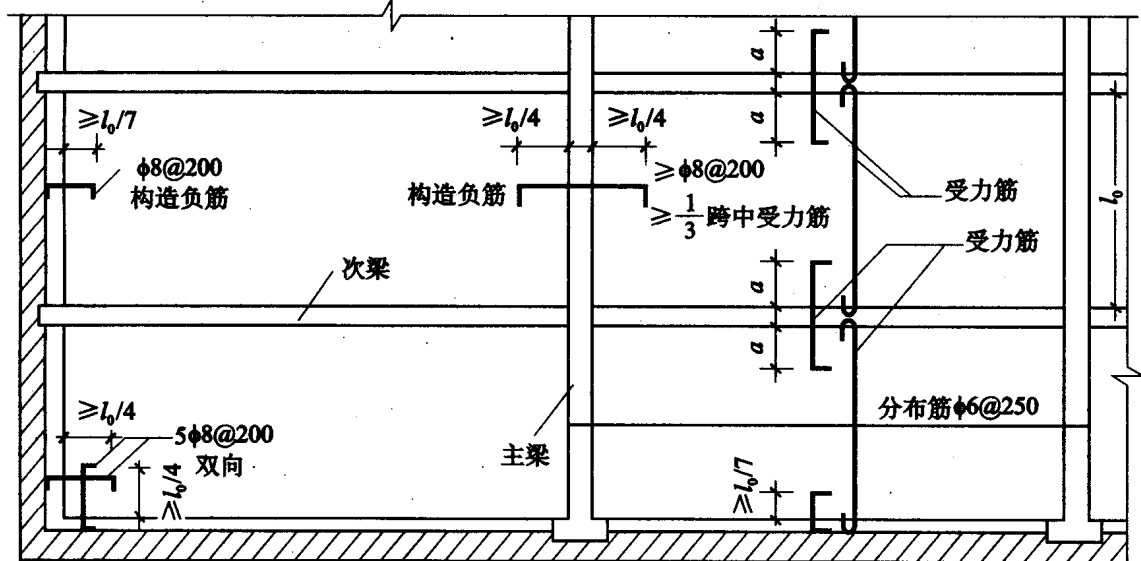


图 1-6 板中构造钢筋图

跨方向支座附近,板的挠度及转角均受到连续支座的约束,存在负弯矩。因此,在构造上需配置一定数量的负弯矩钢筋。《混凝土结构设计规范》要求其数量不得少于短跨正弯矩钢筋的1/3,间距不大于200 mm,直径不宜小于8 mm。该构造钢筋伸入板内的长度从梁边算起每边不宜小于板计算跨度的1/4。

嵌固在承重砌体墙内的现浇混凝土板,应沿支承周边配置上部构造钢筋,直径不宜小于8 mm,间距不宜大于200 mm,伸入板内的长度从墙边算起不宜小于短边跨度的1/7。在两边嵌固于墙内的板角部分,应配置双向上部构造钢筋,其直径不宜小于8 mm,间距不宜大于200 mm,伸入板内的长度从墙边算起不宜小于板短边跨度的1/4。沿板的受力方向配置的上部构造钢筋,其截面面积不宜小于该方向跨中受力钢筋截面面积的1/3;沿非受力方向配置的上部构造钢筋,可根据经验适当减少。

另外,尚应在垂直受力方向布置分布钢筋,其截面面积不宜小于受力钢筋截面面积的15%,且不宜小于该方向板截面面积的0.15%,间距不宜大于250 mm,直径不宜小于6 mm。

1.4.2 次梁的计算和配筋

1. 计算简图和荷载计算

次梁通常采用塑性理论计算,可以将主梁看成次梁的铰支座,次梁简化为多跨连续梁来分析。次梁的截面尺寸宜符合表1-1的要求。

以墙体为支承的次梁的计算跨度,在设计中一般按下列原则取用:

$$\text{边跨} \quad l_0 = l_n + a/2 \leq 1.025l_n \quad (1-4)$$

$$\text{中间跨} \quad l_0 = l_n \quad (1-5)$$

式(1-4)~(1-5)中: l_0 ——次梁的计算跨度;

l_n ——次梁的净跨;

a ——次梁的支承长度。

次梁的荷载包括由板传来的楼面荷载、次梁自重以及直接作用在次梁上的隔墙自重等。计算板传来的荷载时,不考虑板的连续性,认为两侧板跨上的荷载各有一半传给次梁(见图1-7)。

2. 内力计算

次梁通常按考虑塑性内力重分布计算,其弯矩 M 和剪力 V 应按下列公式计算:

$$M = \alpha (g + q) l_0^2 \quad (1-6)$$

$$V = \beta (g + q) l_n \quad (1-7)$$

式(1-6)~(1-7)中: α, β ——弯矩系数和剪力系数,可分别查表1-2和表1-3,当梁端直接支承在墙上时,也可分别查图1-3(a), (b);

g, q ——次梁的均布恒载及活载。

以上公式也适用于计算跨度相差小于 10 % 的不等跨连续梁, 支座截面的弯矩可取相邻两跨的较大值计算。

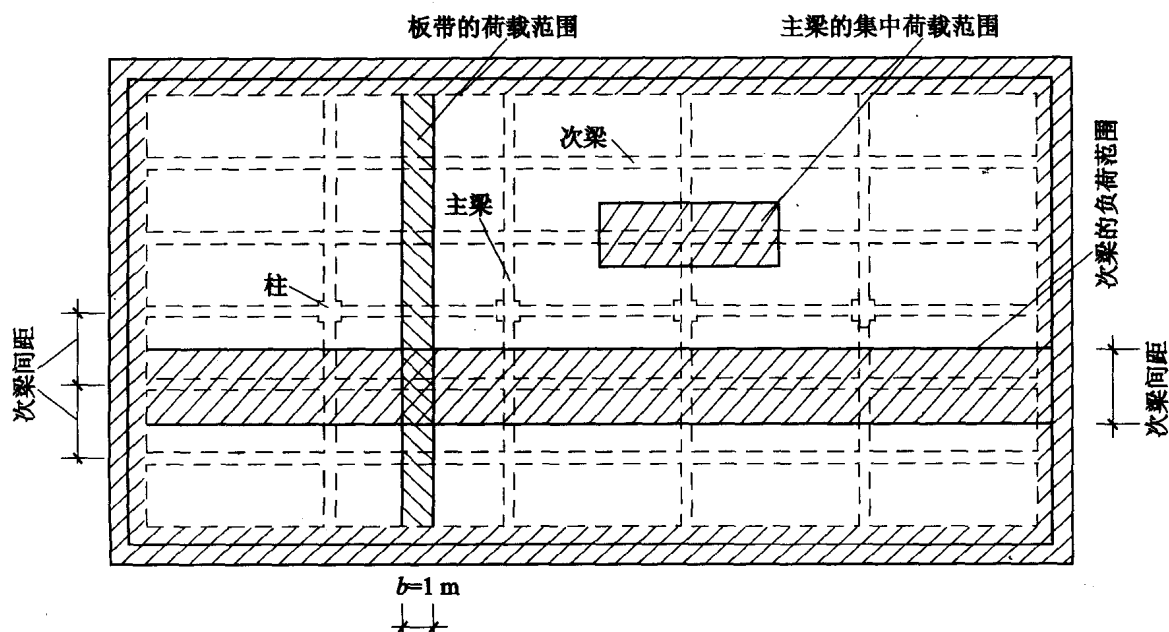


图 1-7 各构件的受荷范围

表 1-3 连续梁和连续板的剪力计算系数 β

支 承 情 况	截 面 位 置				
	端支座内侧	离端第二支座		中间支座	
		左	右	左	右
搁置在墙上	0.45	0.6	0.55	0.55	0.55
与梁或柱整体现浇	0.5	0.55			

3. 配筋计算

次梁的配筋率一般取 0.6 % ~ 1.5 %。

肋形楼盖中次梁与板为整体浇筑时, 板相当于次梁的翼缘。因此, 在跨中正弯矩的作用下, 次梁为 T 形截面 [见图 1-8 (a)], 受压区翼缘计算宽度可按《建筑结构》教材中表 3-3 计算。当 $h'_f/h_0 \geq 0.1$ 时, 受压区翼缘计算宽度 $b'_f = \min \{l_0/3, b + s_n\}$ 。式中 l_0 为计算跨度, b 为次梁的腹板宽度, s_n 为次梁净间距。在负弯矩区段, 翼缘位于受拉区, 故应按矩形截面进行配筋计算 [见图 1-8 (b)]。

由于按塑性内力重分布计算, 相对受压区高度应符合 $\xi \leq 0.35$ 的规定。

次梁正截面、斜截面的承载力计算可按《建筑结构》第 3 章所述方法进行。次梁一般不配置弯起钢筋, 仅配箍筋。

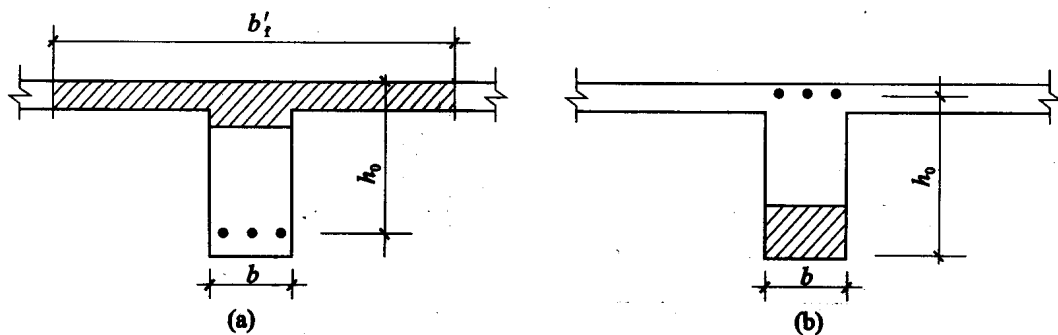


图 1-8 次梁的跨中截面和支座截面

(a) 次梁的跨中截面; (b) 次梁的支座截面

4. 钢筋布置

次梁的一般构造要求与《建筑结构》第3章中受弯构件的受力钢筋、箍筋、架立钢筋的构造要求相同。对于相邻跨跨度相差不大于20%，活载与恒载的比值 $p/g \leq 3$ ，且不设置弯起钢筋的次梁，可采用图1-9所示的典型钢筋布置。

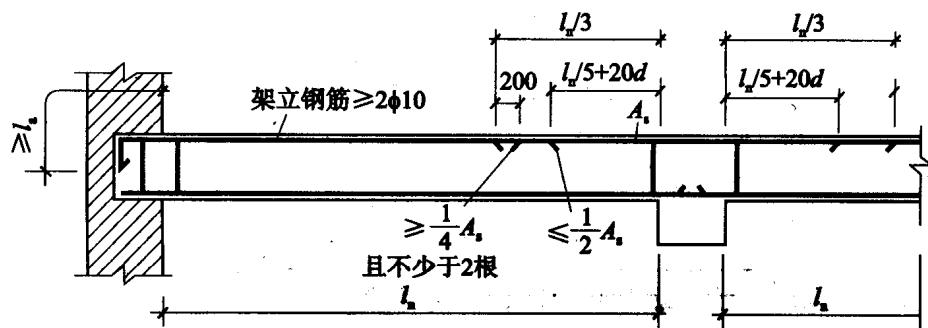


图 1-9 无弯起钢筋等跨次梁的典型钢筋布置图

1.4.3 主梁的计算和配筋

1. 计算简图和荷载计算

主梁的截面尺寸可按表1-1确定。主梁与柱的线刚度比大于5时，可简化为铰支于柱上的连续梁，且计算跨度取支座中至中的距离（见图1-10）。主梁的荷载包括次梁传来的集中荷载、主梁自重及直接作用在主梁上的荷载。计算次梁传来的荷载时，一般不考虑次梁的连续性，即主梁两侧各有半跨次梁荷载传给主梁。为了简化计算，可将主梁自重折算为集中荷载。

2. 内力计算

主梁的内力通常按弹性理论方法进行计算。这是因为主梁是重要的构件，对使用荷载下

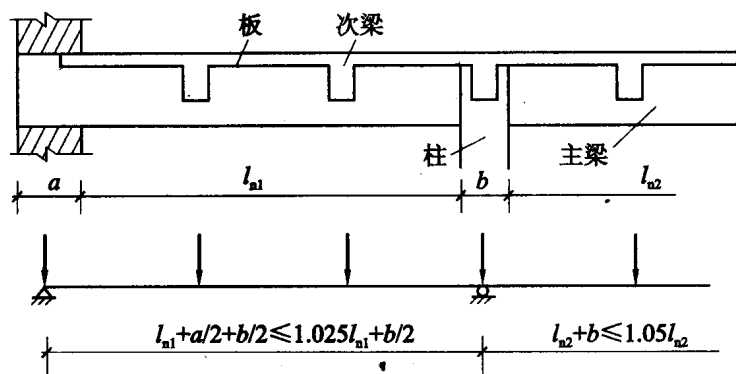


图 1-10 主梁计算跨度取值

的挠度及裂缝控制较严。

连续梁承受的荷载包括恒载和活载两部分。活载在各跨的分布可能有可能无，是随机的。如何确定连续梁各控制截面可能产生的最不利内力，就有一个活载如何布置，即活载的最不利组合问题。活载的最不利位置如图 1-11 所示。

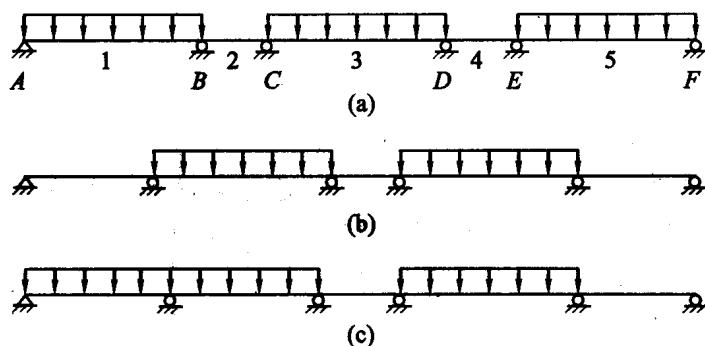


图 1-11 活荷载最不利位置布置图

(a) $(M_1)_{\max}$, $(M_3)_{\max}$, $(M_5)_{\max}$ 的活载布置; (b) $(M_2)_{\max}$, $(M_4)_{\max}$ 的活载布置;

(c) $(M_B)_{\max}$, $(V_B)_{\max}$ 的活载布置

截面最不利活载的布置原则如下：

- ①求某跨跨中最大正弯矩时，除应在该跨布置活载外，两边应每隔一跨布置活载；
- ②求某支座截面最大负弯矩或最大剪力时，除应在该支座两侧两跨布置活载外，还应向两边每隔一跨布置活载；
- ③求某跨跨中最小弯矩（最大负弯矩）时，其活载位置与求该跨跨中最大正弯矩时的布置完全相反。

活载布置确定后，即可按结构力学的方法进行连续梁的内力计算。对于 2~5 跨等跨（或计算跨度相差不大于 10%）连续梁，在不同荷载布置作用下的内力已制成表格，可供查用（见附表 1）。5 跨以上时可简化为 5 跨计算，即所有中间跨的内力均取与第 3 跨相同的内力。